

①9 RÉPUBLIQUE FRANÇAISE  
INSTITUT NATIONAL  
DE LA PROPRIÉTÉ INDUSTRIELLE  
PARIS

①1 N° de publication :  
(à n'utiliser que pour les  
commandes de reproduction)

2 763 449

②1 N° d'enregistrement national : 98 06237

⑤1 Int Cl<sup>6</sup> : H 04 J 14/02

⑫

## DEMANDE DE BREVET D'INVENTION

A1

②2 Date de dépôt : 18.05.98.

③0 Priorité : 16.05.97 JP 14311497.

④3 Date de mise à la disposition du public de la  
demande : 20.11.98 Bulletin 98/47.

⑤6 Liste des documents cités dans le rapport de  
recherche préliminaire : *Ce dernier n'a pas été  
établi à la date de publication de la demande.*

⑥0 Références à d'autres documents nationaux  
apparentés :

⑦1 Demandeur(s) : NEC CORPORATION — JP.

⑦2 Inventeur(s) : TOYOHARA ATSUSHI.

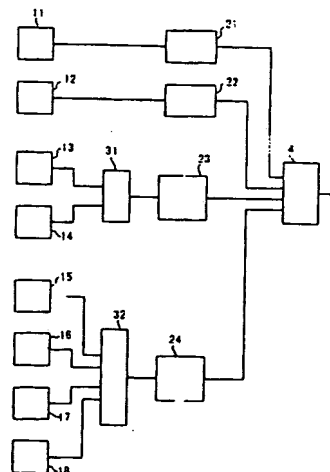
⑦3 Titulaire(s) :

⑦4 Mandataire(s) : SOCIETE DE PROTECTION DES  
INVENTIONS.

⑤4 SYSTEME DE COMMUNICATION OPTIQUE MULTIPLEXE EN LONGUEUR D'ONDE.

⑤7 Système de communication optique multiplexé en lon-  
gueur d'onde.

Ce système comprend une pluralité de sources lumineu-  
ses (11 à 18) de longueurs d'onde différentes et la pluralité  
de signaux optiques générée par la pluralité de sources sont  
classés en différents groupes. Les signaux appartenant aux  
mêmes groupes sont multiplexés par les mêmes coupleurs  
(31, 32) et amplifiés par les mêmes amplificateurs optiques  
(21 à 24). Les sorties des amplificateurs sont multiplexées  
par un autre coupleur (4) et envoyées à une ligne de trans-  
mission optique.



FR 2 763 449 - A1



SYSTEME DE COMMUNICATION OPTIQUE MULTIPLEXE  
EN LONGUEUR D'ONDE  
DESCRIPTION

Domaine technique

5           La présente invention concerne un système de communication optique multiplexé en longueur d'onde et plus particulièrement un système de communication optique multiplexé en longueur d'onde de faible coût et de taille réduite, pour transmettre des signaux  
10 optiques de niveaux hauts et égalisés.

Etat de la technique

          Récemment, un système de communication optique multiplexé en longueur d'onde dans lequel une pluralité de signaux de longueurs d'onde différentes sont  
15 multiplexés et transmis par l'intermédiaire d'une seule ligne de transmission optique, a fait l'objet d'un développement poussé, dans le but de réaliser un système de transmission optique à grande capacité.

          Afin d'étendre la distance de transmission du  
20 système de communication optique multiplexé en longueur d'onde, il est important que les niveaux de transmission des signaux optiques respectifs soient aussi élevés que possible et égaux les uns aux autres. En conséquence, on a jusqu'à présent adopté les  
25 procédés suivants pour atteindre le but indiqué ci-dessus.

          Le premier procédé consiste à multiplexer par un coupleur les sorties d'une pluralité de sources lumineuses de signaux de différentes longueurs d'onde,  
30 et de régler les sources lumineuses de signaux de telle sorte que les niveaux de puissance des signaux optiques sont égalisés au port de sortie du coupleur.

          Le deuxième procédé consiste à insérer des atténuateurs optiques variables entre les sources  
35 lumineuses de signaux et le coupleur, et à régler les

atténuateurs optiques variables de telle sorte que les niveaux de puissance des signaux optiques sont égalisés au port de sortie du coupleur.

5 Le troisième procédé consiste à insérer des amplificateurs à fibre optique entre les sources lumineuses de signaux et le coupleur, et à régler les gains des amplificateurs à fibre optique de telle sorte que les niveaux de puissance des signaux optiques sont égalisés au port de sortie du coupleur.

10 Toutefois, dans les premier et deuxième procédés, étant donné que les niveaux de puissance des signaux optiques sont réglés sur la base de leur niveau minimal de puissance, il est impossible d'obtenir les niveaux de puissance de transmission élevés.

15 Selon le troisième procédé, étant donné que chacune des sources lumineuses de signaux est munie d'un amplificateur à fibre optique, le système est plus encombrant et coûteux.

#### Résumé de l'invention

20 En conséquence, un but de l'invention est de proposer un système de communication optique de faible coût et de taille réduite, qui transmet des signaux optiques de niveaux hauts et égalisés, en classant les signaux optiques en une pluralité de groupes d'une pluralité de signaux optiques.

25 Un autre but de l'invention est de proposer un système de communication optique de faible coût et de taille réduite, qui transmet des signaux optiques de niveaux hauts et égalisés, en classant les signaux optiques en un ou plusieurs signaux optiques individuels et un ou plusieurs groupes d'une pluralité de signaux optiques.

30 Selon la première caractéristique de l'invention, un système de communication optique multiplexé en longueur d'onde comprend :

35

une pluralité de sources lumineuses de signaux pour générer respectivement des signaux optiques de longueurs d'onde différentes,

les signaux optiques étant classés en une  
5 pluralité de groupes de la pluralité de signaux optiques,

une pluralité de coupleurs optiques de premier étage pour multiplexer respectivement la pluralité de groupes de la pluralité de signaux optiques,

10 une pluralité d'amplificateurs optiques pour amplifier respectivement les sorties de la pluralité de coupleurs optique de premier étage, et

un coupleur optique de deuxième étage pour multiplexer les sorties de la pluralité  
15 d'amplificateurs optiques.

Selon la deuxième caractéristique de l'invention, un système de communication optique multiplexé en longueur d'onde comprend :

une pluralité de sources lumineuses de signaux  
20 pour générer respectivement des signaux optiques de longueurs d'onde différentes,

les signaux optiques étant classés en un ou plusieurs signaux optiques individuels et un ou plusieurs groupes de signaux optiques,

25 un ou plusieurs coupleurs optiques de premier étage pour multiplexer respectivement le ou les groupes de signaux optiques,

une pluralité d'amplificateurs optiques pour amplifier respectivement le ou les signaux optiques  
30 individuels et les sorties du ou des coupleurs optiques de premier étage, et

un coupleur optique de deuxième étage pour multiplexer les sorties de la pluralité d'amplificateurs optiques.

35

Brève description des dessins

La présente invention va être expliquée plus en détail en référence aux dessins annexés, sur lesquels :

les figures 1A et 1B représentent des systèmes de transmission optique multiplexé en longueur d'onde classiques,

la figure 2 représente un système de transmission optique multiplexé en longueur d'onde classique d'un autre type,

la figure 3 représente un mode de réalisation préféré de l'invention,

la figure 4 représente un mode de réalisation préféré de l'invention d'un autre type, et

la figure 5 représente la dépendance du gain d'un amplificateur à fibre optique par rapport à la longueur d'onde.

Description des modes de réalisation préférés

Avant d'expliquer un système de transmission optique multiplexé en longueur d'onde dans un mode de réalisation préféré selon l'invention, les systèmes de transmission optique multiplexés en longueur d'onde classiques mentionnés ci-dessus seront expliqués en référence aux figures 1A à 2 où les références 31, 32 et 33 représentent des coupleurs.

Le premier procédé classique consiste à égaliser les niveaux de sortie des sources lumineuses de signaux 11 à 14 par le réglage des sources lumineuses de signaux respectives comme représenté sur la figure 1A.

Le deuxième procédé classique consiste à connecter respectivement les atténuateurs variables optiques 61 à 64 aux ports de sortie des sources lumineuses de signaux 11 à 14, et à les régler de telle sorte que les niveaux de transmission des signaux optiques respectifs sont égalisés, comme représenté sur la figure 1B.

Le troisième procédé consiste à connecter respectivement les amplificateurs à fibre optique 21 à 24, de gain variable, aux ports de sortie des sources lumineuses de signaux 11 à 14, comme représenté sur la figure 2.

Selon les premier et deuxième procédés des approches classiques mentionnées ci-dessus, les puissances élevées de transmission des signaux optiques ne peuvent pas être obtenues car les niveaux de transmission des signaux optiques respectifs sont réglés en fonction de leur niveau le plus bas.

Selon le troisième procédé, les sources lumineuses de signaux sont respectivement dotées des amplificateurs à fibre optique, de sorte que le système est plus encombrant et coûteux.

Le principe et le fonctionnement de l'invention vont maintenant être expliqués. Dans l'invention, les signaux optiques sont classés en plusieurs groupes, en fonction de la dépendance du gain de l'amplificateur à fibre optique par rapport à la longueur d'onde, et les signaux optiques appartenant au même groupe sont multiplexés par le même coupleur optique. Les deux manières de classer les signaux optiques sont proposées. Selon l'une des manières, les signaux optiques ayant presque les mêmes longueurs d'onde sont classés dans le même groupe, et selon l'autre manière, les signaux optiques qui ont presque les mêmes niveaux de puissance aux ports de sortie des amplificateurs à fibre optique, du fait de la dépendance du gain des amplificateurs à fibre optique par rapport à la longueur d'onde des signaux optiques, sont classés dans le même groupe.

La pluralité de signaux optiques appartenant au même groupe est multiplexée par le même coupleur, envoyée au même amplificateur à fibre optique, qui est

connecté au port de sortie du coupleur, et amplifiée jusqu'à atteindre la puissance souhaitée. En outre, les sorties des amplificateurs à fibre optique sont multiplexées par un coupleur et transmises par l'intermédiaire de la même ligne de transmission optique.

Les modes de réalisation de l'invention vont maintenant être décrits en référence aux dessins annexés. Les figures 3 et 4 sont des schémas fonctionnels illustrant un système de communication optique multiplexé en longueur d'onde pour huit signaux optiques par exemple, représenté comme mode de réalisation de l'invention. En outre, la figure 5 illustre la dépendance du gain d'un amplificateur à fibre optique utilisé dans les modes de réalisation par rapport à la longueur du signal optique.

La figure 3 représente l'exemple le plus fondamental des modes de réalisation de l'invention. Le système de communication optique multiplexé en longueur d'onde est pourvu des sources lumineuses de signaux 11 à 18, dont les longueurs d'onde sont respectivement  $\lambda_1$  à  $\lambda_8$ . La figure 5 représente la dépendance du gain de l'amplificateur à fibre optique par rapport à la longueur d'onde du signal optique. Dans ce mode de réalisation, les longueurs d'onde des signaux optiques sont classées en quatre groupes, c'est-à-dire  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$  à  $\lambda_4$  et  $\lambda_5$  à  $\lambda_8$ .

Les signaux optiques correspondant aux longueurs d'onde  $\lambda_1$  et  $\lambda_2$  sont respectivement envoyés aux amplificateurs à fibre optique 21 et 22, et amplifiés jusqu'aux puissances souhaitées.

Les signaux optiques correspondant aux longueurs d'onde  $\lambda_3$  et  $\lambda_4$  sont multiplexés par le coupleur 31 et envoyés à l'amplificateur à fibre optique 23. Comme représenté sur la figure 4, étant donné que les gains

de l'amplificateur à fibre optique 23 pour les deux signaux optiques sont presque les mêmes, les sorties de l'amplificateur à fibre optique 23 sont presque les mêmes pour les deux signaux optiques.

5 Dans le cas des groupes  $\lambda 5$  à  $\lambda 8$ , les signaux optiques sont multiplexés par le coupleur optique 32 et envoyés à l'amplificateur à fibre optique 24, de la même manière que dans le cas des groupes  $\lambda 3$  et  $\lambda 4$ .

10 Les signaux optiques appartenant aux groupes  $\lambda 1$ ,  $\lambda 2$ ,  $\lambda 3$  à  $\lambda 4$  et  $\lambda 5$  à  $\lambda 8$  sont respectivement amplifiés par les amplificateurs à fibre optique 21, 22, 23 et 24, multiplexés par le coupleur 4 et transmis par l'intermédiaire d'une ligne de transmission optique.

15 Dans le mode de réalisation représenté sur la figure 4, des filtres passe-bande optiques 51 à 54 sont respectivement connectés aux ports de sortie des amplificateurs à fibre optique 51 à 54, et les signaux optiques envoyés depuis les filtres passe-bande optiques 51 à 54 sont multiplexés par le coupleur 4 et  
20 transmis par la même ligne de transmission optique. Dans ce mode de réalisation, les rapports signal/bruit des signaux optiques peuvent être améliorés par les fonctions des filtres optiques passe-bande 51 à 54.

25 Les longueurs d'onde des signaux optiques du mode de réalisation représenté sur la figure 3 sont les suivantes :

30  $\lambda 1$  : 1530 nm  
 $\lambda 2$  : 1538 nm  
 $\lambda 3$  : 1545 nm  
 $\lambda 4$  : 1548 nm  
 $\lambda 5$  : 1554 nm  
 $\lambda 6$  : 1556 nm  
 $\lambda 7$  : 1558 nm  
 $\lambda 8$  : 1560 nm



Les dépendances respectives des gains de tous les amplificateurs à fibre optique par rapport à la longueur d'onde du signal optique sont égales les unes aux autres, comme représenté sur la figure 5. Si l'on considère les caractéristiques mentionnées ci-dessus des amplificateurs à fibre optique, les signaux optiques sont classés en quatre groupes, qui correspondent respectivement aux longueurs d'onde  $\lambda_1$ ,  $\lambda_2$ ,  $\lambda_3$  à  $\lambda_4$  et  $\lambda_5$  à  $\lambda_8$ , et un ou plusieurs signaux optiques appartenant au même groupe sont amplifiés par les mêmes amplificateurs optiques correspondant aux groupes.

Les signaux optiques appartenant aux groupes  $\lambda_3$  à  $\lambda_4$  sont multiplexés par le coupleur 31 avec une perte d'insertion de 3 dB, et ceux appartenant aux groupes  $\lambda_5$  à  $\lambda_8$  sont multiplexés par le coupleur 32 avec une perte d'insertion de 6 dB.

Les puissances de sortie des sources lumineuses de signaux 11 à 18 sont réglées de telle façon que le niveau de puissance de chacun des signaux optiques est -20 dBm au port d'entrée de chacun des amplificateurs à fibre optique.

Les valeurs numériques du gain de l'amplificateur à fibre optique représenté sur la figure 5 sont indiquées dans le tableau 1.

TABLEAU 1

	longueur d'onde	gain (dB)	amplificateur
$\lambda_1$	1530 nm	32,5	' ' '21
$\lambda_2$	1538 nm	27,0	' ' '22
$\lambda_3$	1545 nm	29,8	' ' '23
$\lambda_4$	1548 nm	29,8	' ' '23
$\lambda_5$	1554 nm	30,8	' ' '24
$\lambda_6$	1556 nm	31,0	' ' '24
$\lambda_7$	1558 nm	31,0	' ' '24
$\lambda_8$	1560 nm	30,5	' ' '24

Les niveaux de puissance de sortie des signaux optiques respectifs aux ports de sortie des amplificateurs à fibre optique 21 à 24 sont indiqués dans le tableau 2.

TABLEAU 2

	longueur d'onde	puissance de sortie (dBm)	amplificateur
$\lambda_1$	1530 nm	12,5	' ' '21
$\lambda_2$	1538 nm	7,0	' ' '22
$\lambda_3$	1545 nm	6,8	' ' '23
$\lambda_4$	1548 nm	6,8	' ' '23
$\lambda_5$	1554 nm	4,8	' ' '24
$\lambda_6$	1556 nm	5,0	' ' '24
$\lambda_7$	1558 nm	5,0	' ' '24
$\lambda_8$	1560 nm	4,5	' ' '24

10

Comme représenté dans le tableau 2, la différence maximale entre les niveaux de sortie des signaux optiques aux ports de sortie des amplificateurs à fibre optique apparaît entre les signaux optiques

correspondant aux longueurs d'onde  $\lambda_1$  et  $\lambda_8$ , où la valeur de la différence maximale est 8,0 dB.

Selon le tableau 2, les niveaux de puissance de sortie de l'amplificateur à fibre optique 23, qui amplifie simultanément les signaux optiques de longueurs d'onde  $\lambda_3$  et  $\lambda_4$ , sont respectivement de 6,8 dBm, ce qui est inférieur au niveau de puissance optique obtenu par la relation suivante de 3 dB.

$$-20,0 \text{ (dBm)} + 29,8 \text{ (dB)} = 9,8 \text{ (dBm)}$$

La raison en est qu'une puissance optique totale amplifiée par l'amplificateur à fibre optique est limitée à une valeur particulière à l'amplificateur à fibre optique, de sorte que lorsque n signaux optiques ayant la même puissance sont simultanément amplifiés par le même amplificateur à fibre optique, le niveau de puissance de sortie d'un signal optique est diminué d'un facteur de  $1/n$ , comparé au niveau correspondant au cas où  $n=1$ . Alors

$$10 \log (1/n) = 0,3 \text{ (dB)}, \text{ pour } n=2$$

$$= -6 \text{ (dB)}, \text{ pour } n=4.$$

Les niveaux de puissance de sortie de l'amplificateur à fibre optique 24 indiqués dans les tableaux 1 et 2 peuvent être justifiés par la considération précédente.

Le gain de l'amplificateur à fibre optique 21, qui correspond au signal optique de longueur d'onde  $\lambda_1$ , devrait être diminué de 8,0 dB. De la même manière, les gains des autres amplificateurs à fibre optique 22 et 23 devraient être réglés de telle sorte que le niveau de puissance de sortie de chacun des signaux optiques soit presque égal à 4,5 dBm.

Selon l'invention, les niveaux de puissance des signaux optiques transmis dans le système de communication optique multiplexé en longueur d'onde peuvent être augmentés, et les différences de niveaux

de puissance entre les signaux optiques peuvent être presque égales à zéro.

De plus, selon l'invention, le nombre d'amplificateurs à fibre optique peut être réduit, comparé à celui du système de communication optique multiplexé en longueur d'onde classique, et le système devient peu coûteux et de petite taille.

L'invention a été décrite en référence à un mode de réalisation spécifique en vue d'une explication complète et claire, mais les revendications annexées ne doivent pas y être limitées ; elles doivent être considérées comme recouvrant toutes les modifications et variantes de réalisation susceptibles de venir à l'esprit d'un homme du métier et contenues équitablement dans l'enseignement de base exposé ici.

## REVENDEICATIONS

1. Système de communication optique multiplexé en longueur d'onde caractérisé en ce qu'il comprend :

5        une pluralité de sources lumineuses de signaux (11 à 18) pour générer respectivement des signaux optiques de longueurs d'onde différentes,

      les signaux optiques étant classés en une pluralité de groupes desdits signaux optiques,

10       une pluralité de coupleurs optiques de premier étage (31, 32) pour multiplexer respectivement ladite pluralité de groupes de ladite pluralité de signaux optiques,

      une pluralité d'amplificateurs optiques (21 à 24) pour amplifier respectivement les sorties de ladite pluralité de coupleurs optique de premier étage, et

      un coupleur optique de deuxième étage (4) pour multiplexer les sorties de ladite pluralité d'amplificateurs optiques.

20       2. Système de communication optique multiplexé en longueur d'onde selon la revendication 1, comprenant en outre :

      une pluralité de filtres optiques passe-bande (51 à 54) pour transmettre respectivement les sorties de ladite pluralité d'amplificateurs optiques, lesdits filtres étant respectivement situés entre ladite pluralité d'amplificateurs optiques et ledit coupleur optique de deuxième étage.

30       3. Système de communication optique multiplexé en longueur d'onde selon la revendication 1, dans lequel :

      lesdits amplificateurs optiques sont respectivement des amplificateurs à fibre optique (21 à 24), le coeur des fibres étant dopé avec un métal des terres rares.

35

4. Système de communication optique multiplexé en longueur d'onde caractérisé en ce qu'il comprend :

une pluralité de sources lumineuses de signaux (11 à 18) pour générer respectivement des signaux optiques de longueurs d'onde différentes,

lesdits signaux optiques étant classés en un ou plusieurs signaux optiques individuels et un ou plusieurs groupes de pluralité de signaux optiques,

un ou plusieurs coupleurs optiques de premier étage (31, 32) pour multiplexer respectivement lesdits un ou plusieurs groupes de ladite pluralité de signaux optiques,

une pluralité d'amplificateurs optiques (21 à 24) pour amplifier respectivement lesdits un ou plusieurs signaux optiques individuels et les sorties desdits un ou plusieurs coupleurs optiques de premier étage, et

un coupleur optique de deuxième étage (4) pour multiplexer les sorties de la pluralité d'amplificateurs optiques.

5. Système de communication optique multiplexé en longueur d'onde selon la revendication 4, comprenant en outre :

une pluralité de filtres optiques passe-bande (51 à 54) pour transmettre respectivement les sorties de ladite pluralité d'amplificateurs optiques, qui sont respectivement situés entre ladite pluralité d'amplificateurs optiques et ledit coupleur optique de deuxième étage.

6. Système de communication optique multiplexé en longueur d'onde selon la revendication 4, dans lequel :

ladite pluralité d'amplificateurs optiques est respectivement constituée d'amplificateurs à fibre optique (51 à 54), le coeur des fibres étant dopé avec un métal des terres rares.

1/5

FIG. 1A

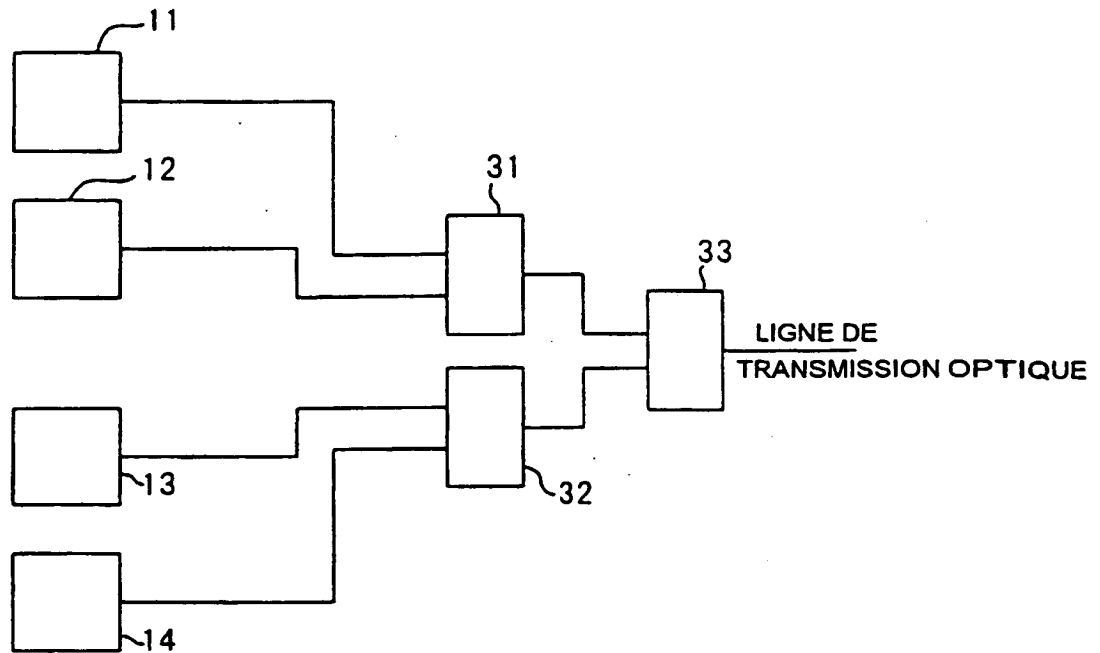
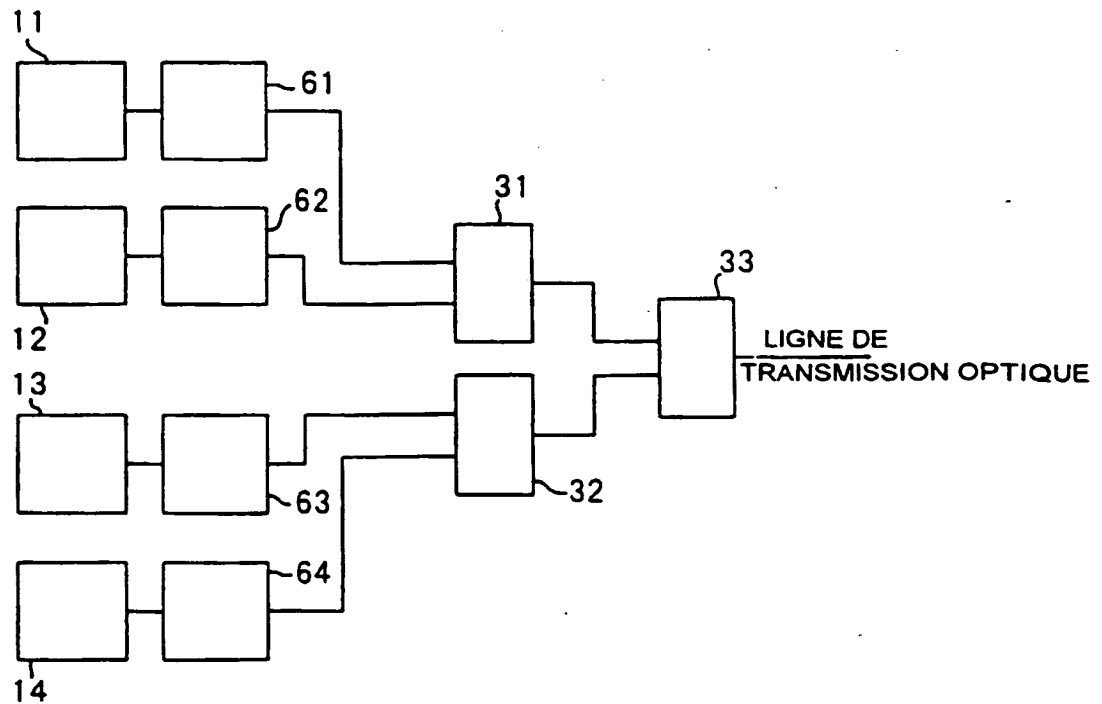
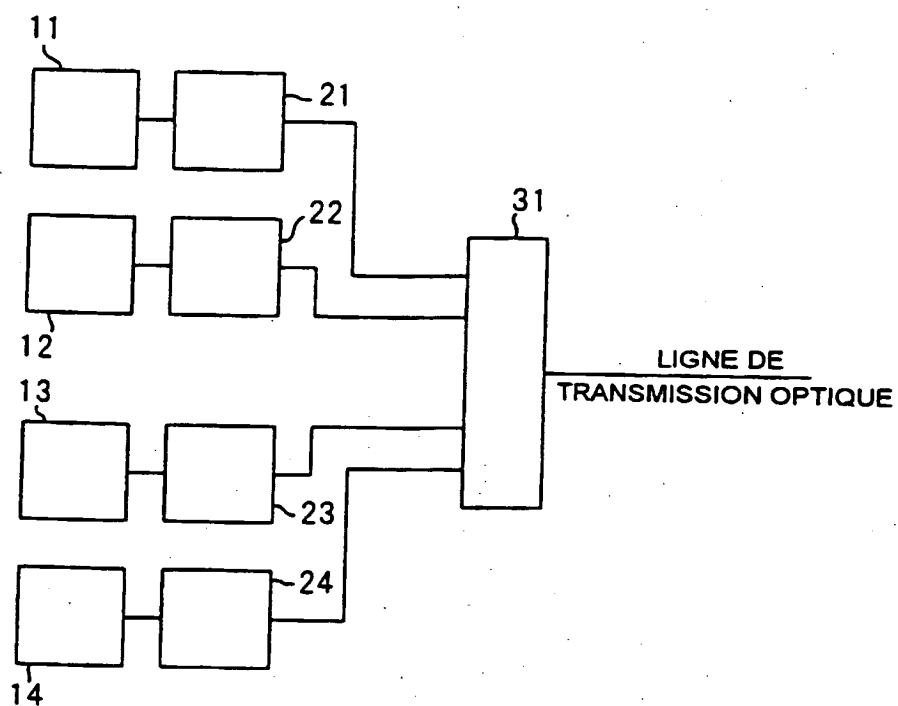


FIG. 1B



2/5

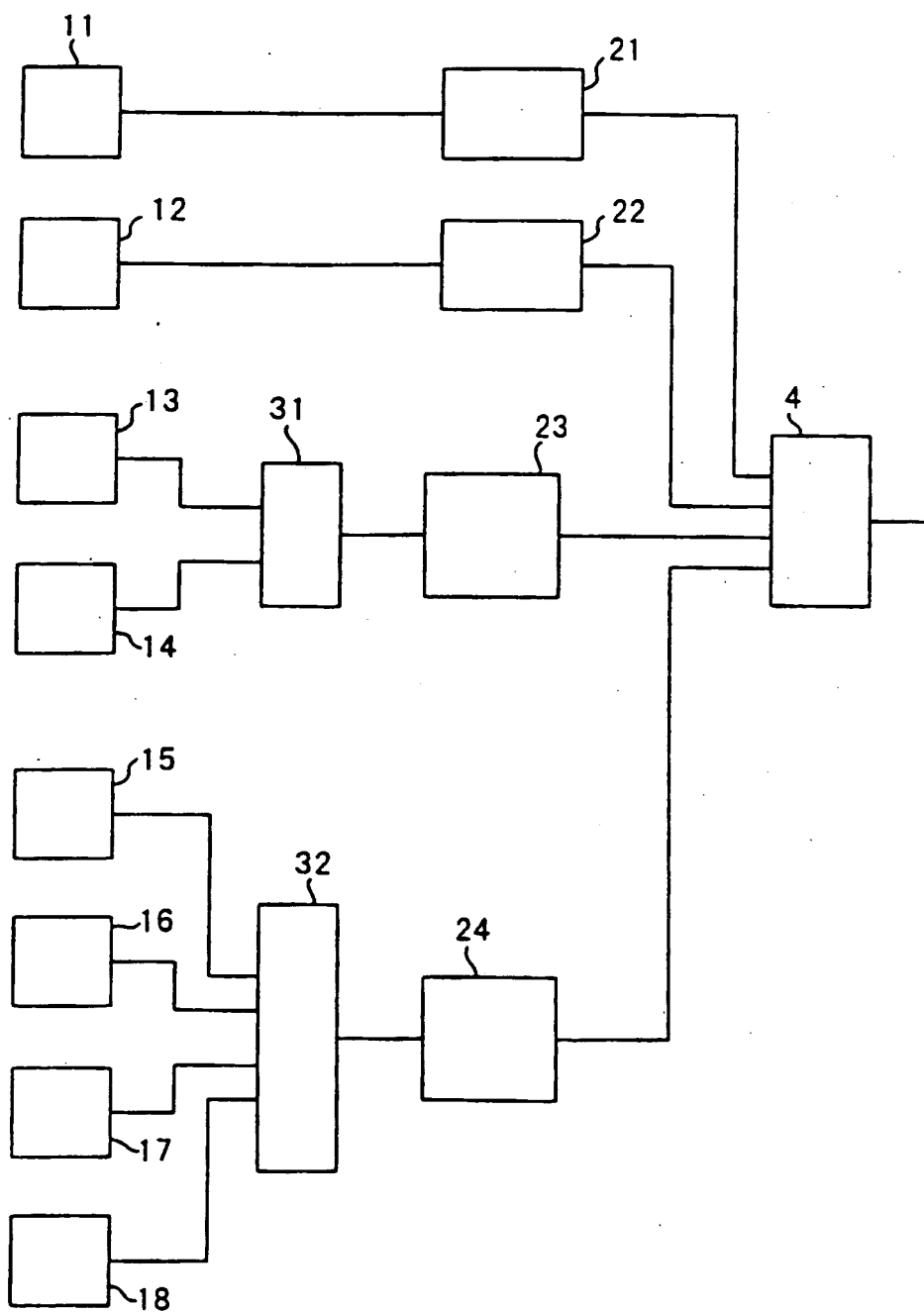
FIG.2





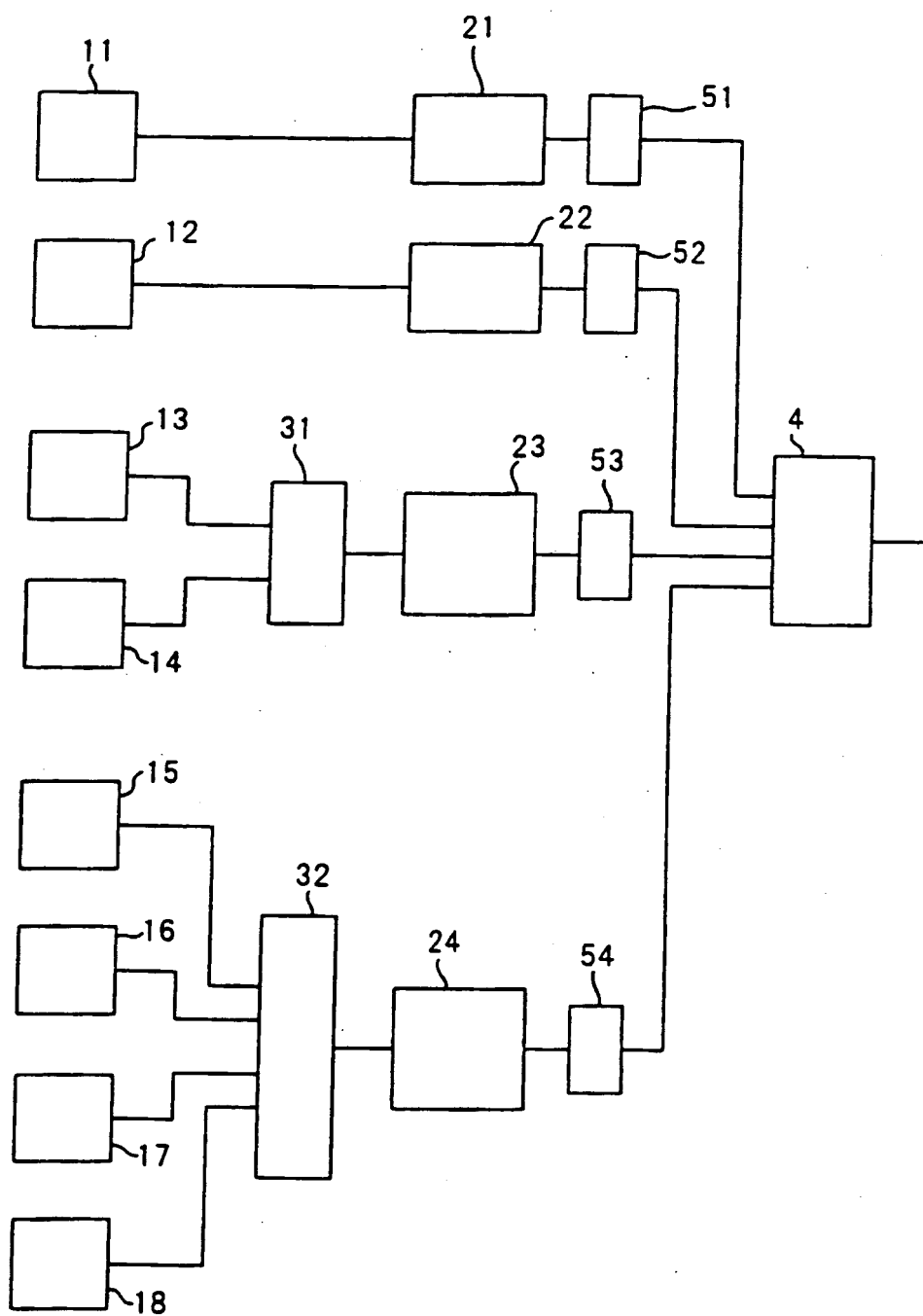
3/5

FIG. 3



4 / 5

FIG. 4



5/5

FIG.5

